УДК 677.055

ВИЗНАЧЕННЯ АНАЛІТИЧНОЇ ФУНКЦІЇ ГЛИБИНИ КУЛІРУВАННЯ ПРЯЖІ В'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

В.М. ДВОРЖАК, Б.В. ОРЛОВСЬКИЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

Розглянуто застосування програми, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD, для аналітичного визначення глибини кулірування пряжі за заданою довжиною петлі на в'язальних машинах

Об'єкти та методи дослідження

Предметом дослідження є залежність глибини кулірування пряжі від заданої довжини петлі та параметрів, що на неї впливають. При дослідженні аналітичної функції глибини кулірування пряжі був використаний аналітичний метод [1, 2], який реалізований у програмі, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD [3, 4].

Постановка завдання

Багатоетапна механічна технологія петлетворення на в'язальних машинах передбачає обов'язкове виконання етапу кулірування (*нім.*: *kuliren* – згинати) [1, 2]. Етап кулірування характеризується глибиною кулірування, яка вважається найважливішим параметром будь-якого процесу петлетворення та впливає на інші його параметри, зокрема на довжину петлі. При проектуванні процесу петлетворення необхідно розрахувати глибину кулірування за заданими довжиною петлі та розмірами петлетвірних органів у припущенні, що стара петля не перешкоджає кулірованню, при цьому прийняти такі обмеження: пряжа є ідеальною гнучкою ниткою, нерозтяжна та не сплющується [1, 2, 5]. У фаховій літературі [1, 2] для визначення функції $h_k = f(l)$ глибини кулірування у залежності від довжини петлі l описується метод Мільченка І. С., згідно з яким спочатку визначається функція кута охоплення пряжею робочих органів, а потім обчислюється значення функції глибини кулірування. При цьому алгоритм визначення кута охоплення передбачає розкладання тригонометричних функцій в ряд та розв'язок отриманого наближеного виразу з використанням логарифмічної лінійки, що ускладнює процес розрахунку та призводить до втрати точності результатів. Разом з тим, у роботі [1] зазначається, що задача про точне визначення глибини кулірування за заданою довжиною петлі може бути розв'язана з використанням прикладних комп'ютерних програм. Тому завданням дослідження є розробка математичної моделі для аналітичного визначення глибини кулірування h_k за заданою довжиною петлі у прикладній комп'ютерній програмі MathCAD для автоматизації розрахунків з метою вдосконалення проектування в'язальних машин.

Результати та їх обговорення

В якості об'єкту дослідження вибраний механізм в'язання однофонтурної кругловʼязальної машини з язичковими голками та платинами, для якого потрібно визначити глибину кулірування h_k. Для визначення глибини кулірування h_k згідно з [1, 2] розглянемо напівпетлю $l/2$ (рис. 1), яка складається з таких ділянок, що визначаються довжинами $l_{i\text{-}(i+1)}\ \forall\ i = \overline{1...5}$ по середній лінії петлі: прямолінійної $l_{1\text{-}2}$, яка розташовується на відбійній площині платини; дугоподібної $l_{2\text{-}3}$, яка розташовується на закругленні платини; прямолінійної $l_{3\text{-}4}$, яка розташовується між платиною та голкою; і дугоподібної $l_{4\text{-}5}$, яка розташовується на закругленні гачка голки:

$$\frac{l}{2} = l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-4} + l_{4-5}\,. \tag{1}$$

Визначимо довжини ділянок:

$$l_{1-2} = \frac{p}{2} - r_p\,; \tag{2}$$

$$l_{2-3} = \left(r_p + \frac{d_н}{2}\right)\cdot \alpha_1\,; \tag{3}$$

$$l_{4-5} = \left(\frac{d}{2} + \frac{d_н}{2}\right)\cdot \alpha_1\,; \tag{4}$$

$$l_{3-4} = \frac{l}{2} - \left(l_{1-2} + l_{2-3} + l_{4-5}\right) = \frac{l}{2} - \left(\left(\frac{p}{2} - r_p\right) + \left(r_p + \frac{d_н}{2}\right)\cdot\alpha_1 + \left(\frac{d}{2} + \frac{d_н}{2}\right)\cdot\alpha_1\right). \tag{5}$$

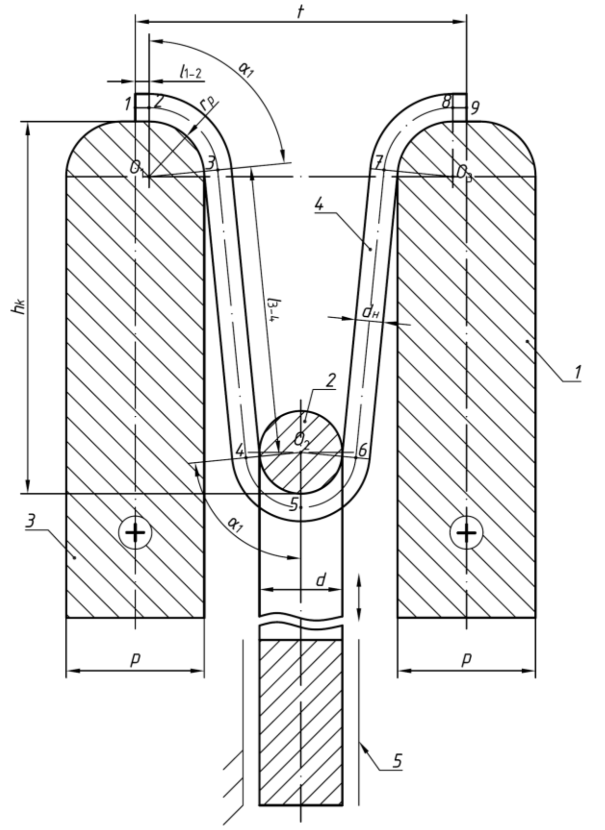

Рис. 1. **Розрахункова схема для визначення глибини кулірування за довжиною петлі:**
1, 3 – платини; *2* – гачок голки; *4* – петля; *5* – голковий циліндр

Для визначення глибини кулірування h_k спроектуємо напівпетлю $l/2$ на вертикальну площину:

$$h_k = \left[\left(r_p + \frac{d_н}{2}\right) - \left(r_p + \frac{d_н}{2}\right)\cdot cos\,\alpha_1\right] + l_{3-4}\cdot sin\,\alpha_1 + \left[\left(\frac{d}{2} + \frac{d_н}{2}\right) - \left(\frac{d}{2} + \frac{d_н}{2}\right)\cdot cos\,\alpha_1\right] - d_н\,. \tag{6}$$

Після спрощення дістанемо вираз:

$$h_k = r_p - r_p \cdot cos\alpha_1 - d_н \cdot cos\alpha_1 + l_{3-4} \cdot sin\alpha_1 + \frac{d}{2} - \frac{d}{2} \cdot cos\alpha_1 . \qquad (7)$$

У виразі (7) кут α_1 визначимо, спроектувавши напівпетлю на горизонтальну площину:

$$\frac{t}{2} = l_{1-2} + \left(r_p + \frac{d_н}{2}\right) \cdot sin\alpha_1 + l_{3-4} \cdot cos\alpha_1 + \left(\frac{d}{2} + \frac{d_н}{2}\right) \cdot sin\alpha_1 , \qquad (8)$$

звідки

$$l_{3-4} = \frac{-\left(2 \cdot l_{1-2} + 2 \cdot r_p \cdot sin\alpha_1 + 2 \cdot d_н \cdot sin\alpha_1 + d \cdot sin\alpha_1 - t\right)}{2 \cdot cos\alpha_1} . \qquad (9)$$

Підставимо отримане значення l_{3-4} до рівняння (5):

$$\frac{-\left(2 \cdot l_{1-2} + 2 \cdot r_p \cdot sin\alpha_1 + 2 \cdot d_н \cdot sin\alpha_1 + d \cdot sin\alpha_1 - t\right)}{2 \cdot cos\alpha_1} = \frac{l}{2} - \left(\left(\frac{p}{2} - r_p\right) + \left(r_p + \frac{d_н}{2}\right) \cdot \alpha_1 + \left(\frac{d}{2} + \frac{d_н}{2}\right) \cdot \alpha_1\right). \qquad (10)$$

Після спрощення дістанемо трансцендентне рівняння:

$$\left(l - p + 2 \cdot r_p - \alpha_1 \cdot \left(2 \cdot r_p + 2 \cdot d_н + d\right)\right) cos\alpha_1 + \left(2 \cdot r_p + 2 \cdot d_н + d\right) sin\alpha_1 + 2 \cdot l_{1-2} - t = 0, \qquad (11)$$

де $l = 2 \cdot \left(l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-4} + l_{4-5}\right)$ – довжина петлі; p – товщина платини; r_p – радіус закруглення платини; $d_н$ – діаметр пряжі; d – діаметр гачка голки; t – голковий крок.

Для розв'язку рівняння (11) скористаємося програмою MathCAD, яка має вбудовану функцію *root* [3, 4] для розв'язку рівнянь з одним невідомим та реалізує метод січних.

Згідно з цим методом потрібно спочатку заздалегідь присвоїти куту α_1 початкове значення α_0, в околиці якого відбуватиметься пошук кореня рівняння (11), а потім змінювати цей кут від 0° до 90° з кроком $\Delta\alpha$. Для визначення початкового значення кута α_0 рекомендується [3, 4] побудувати графік функції $y = f(\alpha_1)$ (рис. 2):

$$f(\alpha_1) = \left(l - p + 2 \cdot r_p - \alpha_1 \cdot \left(2 \cdot r_p + 2 \cdot d_н + d\right)\right) cos\alpha_1 + \left(2 \cdot r_p + 2 \cdot d_н + d\right) sin\alpha_1 + 2 \cdot l_{1-2} - t. \qquad (12)$$

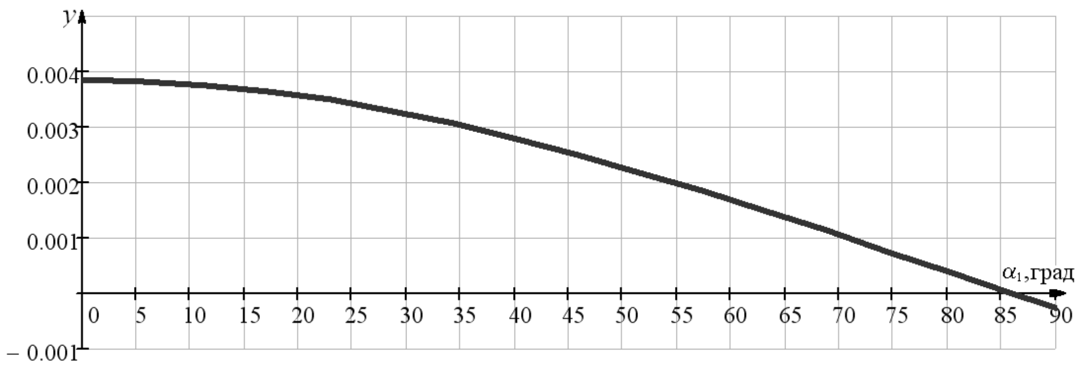

Рис. 2. **Графік функції $f(\alpha_1)$ для визначення початкового значення кута α_0, в околиці якого здійснюється пошук кореня рівняння (11)**

Точка перетину графіка функції $y = f(\alpha_1)$ з віссю абсцис визначає початкове значення кута α_0, в околиці якого здійснюватиметься пошук кореня рівняння (11).

Тепер, застосувавши функцію *root*, та використовуючи семантику MathCAD [3, 4], дістаємо розрахункове значення кута α_1:

$$\alpha_1 := root\left(f(\alpha_0), \alpha_0, a, b\right), \tag{13}$$

де a та b – початкове та кінцеве значення границь інтервалу [a b], в якому здійснюється пошук значення кута α_1.

Підставивши отримане значення кута α_1 до рівнянь (5) та (7), дістанемо значення глибини кулірування h_k, яке й потрібно було визначити.

В якості прикладу, визначимо глибину кулірування пряжі для однофонтурної круглов'язальної машини 22 класу, яка має такі параметри: l = 5,0 мм; d = 0,40 мм; p = 0,25 мм; $r_р$ = 0,10 мм; t = 1,155 мм і $d_н$ = 0,18 мм. Використовуючи вираз (12), будуємо в MathCAD графік (*X-Y Plot*) функції $f(\alpha_1)$ (див. рис. 2). На перетині кривої з віссю абсцис визначаємо початкове значення кута $\alpha_0 \approx 85°$. Потім, використовуючи в MathCAD функцію *root(f(var1, var2, ...), var1, [a, b])*, на інтервалі [a=80°, b=90°] згідно з рис. 2 дістаємо:

$$\alpha_1 := root\left(f(\alpha_0), \alpha_0, 80°, 90°\right) = 85{,}86° = 85°52'.$$

Підставляючи отримане значення α_1 = 85°52′ до виразів (5) та (7), дістаємо значення h_k:

$$l_{3-4} = \frac{5}{2} - \left(\left(\frac{0{,}4}{2} - 0{,}1\right) + \left(0{,}1 + \frac{0{,}18}{2}\right)\cdot 1{,}4985 + \left(\frac{0{,}4}{2} + \frac{0{,}18}{2}\right)\cdot 1{,}4985\right) = 1{,}85 \text{ мм};$$

$$h_k = 0{,}1 - 0{,}1\cdot cos(85°52') - 0{,}18\cdot cos(85°52') + 1{,}85\cdot sin(85°52') + \frac{0{,}4}{2} - \frac{0{,}4}{2}\cdot cos(85°52') = 2{,}11 \text{ мм}.$$

Висновки

На засадах отриманого аналітичного виразу (11) для глибини кулірування пряжі за довжиною петлі отриманий чисельний розв'язок, який дозволяє виконати автоматизований розрахунок у прикладній комп'ютерній програмі, створеній в середовищі математичного процесора MathCAD. Результати розрахунку можуть бути використані при проектуванні механізму в'язання технологічних машин. Результати розрахунку впроваджені в навчальний процес кафедри машин легкої промисловості в дисципліні «Проектування машин легкої промисловості (трикотажний модуль)».

ЛІТЕРАТУРА

1. Гарбарук В. Н. Проектирование трикотажных машин / В. Н. Гарбарук – Л.: Машиностроение, 1980. – 472с.
2. Мойсеєнко Ф. А. Проектування в'язальних машин / Ф. А. Мойсеєнко – Харків: Основа, 1994. – 336 с.
3. Кирьянов Д. В. Самоучитель MathCAD 2001 / Д. В. Кирьянов – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 544 с.
4. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD / Е. Г. Макаров – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.
5. Мигушов И. И. Механика текстильной нити и ткани: Моногр. / И. И. Мигушов – М.: Легкая индустрия, 1980. – 160 с.